Ueber den Einfluss

lokaler und allgemeiner

Erwärmung und Abkühlung der Haut

auf das

menschliche Flammentachogramm.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät der Universität Bern

vorgelegt von

Ettore Balli, Arzt aus Locarno.

Bern.
Buchdruckerei Lack & Aeschlimann.
1896.

Von der medizinischen Fakultät auf Antrag des Herrn Professor *Sahli* zum Druck genehmigt.

Bern, den 11. Dezember 1895.

Der Dekan:

Prof. Dr. SAHLI.

Ueber den Einfluss

lokaler und allgemeiner

Erwärmung und Abkühlung der Haut

auf das

menschliche Flammentachogramm.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen medizinischen Fakultät der Universität Bern

vorgelegt von

Ettore Balli, Arzt aus Locarno.

Bern.
Buchdruckerei Lack & Aeschlimann.
1896.

Dem Andenken

meines lieben Bruders

Ing. Attilio Balli.

A. Einleitung.

Es wurden auf der medizinischen Klinik von Prof. Sahli in Bern in den letzten Jahren Untersuchungen über die klinische Verwertbarkeit der von J. v. Kries erfundenen Flammentachographie angestellt, welche ergeben haben, dass dieses Verfahren der Pulsschreibung nach manchen Richtungen hin vor der bisher zu klinischen Zwecken fast ausschliesslich verwendeten Sphygmographie Vorteile besitzt. Herr Dr. Rüedi hat in seiner Dissertation[1] dies hervorgehoben und einige der wichtigsten bis jetzt gewonnenen Resultate mitgeteilt. Es zeigte sich bei diesen Untersuchungen, wie Dr. Rüedi am Schlusse seiner Arbeit hervorhebt, dass zur Deutung der etwas verwickelten Verhältnisse der Strompulskurven, die der Tachograph ergibt, es vor allem notwendig ist, die Beeinflussung des Tachogramms durch vasomotorische Einflüsse zu studieren. Auf Anregung von Herrn Prof. Sahli und unter seiner Anleitung habe ich diese Frage in Angriff genommen, indem ich den Einfluss lokaler und allgemeiner Abkühlung und Erwärmung der Haut auf das Tachogramm untersuchte. Ich teile in folgendem die gewonnenen Resultate mit.

In betreff der Methode der Flammentachographie setze ich die Arbeiten von J. v. Kries[2], sowie diejenige von Dr. Rüedi[1], als bekannt voraus. Die Methode besteht bekanntlich darin, dass die vom Arterienpuls abhängigen Volumschwankungen des in einem luftgefüllten Plethysmographencylinder befindlichen Armes vermittelst eines luftgefüllten Schlauches auf eine Gasflamme übertragen werden und dass die daraus resultierenden Schwankungen der Flammenhöhen mittelst einer photo-

[1] Klinische Beiträge zur Flammentachographie. Bern 1895.

[2] Ueber ein neues Verfahren zur Beobachtung der Wellenbewegung des Blutes. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abteilung, 1887. und: Studien zur Pulslehre. Freiburg 1892.

graphischen Camera auf einer mit lichtempfindlichem Papier bespannten rotierenden Kymographiontrommel photographisch dargestellt werden. Die so gewonnenen Kurven sind keineswegs aufzufassen als photographisch gewonnene Sphygmogramme; sie stellen auch nicht, wie man glauben könnte, Volumpulskurven oder Plethysmogramme dar, sondern, wie v. Kries klar auseinandergesetzt hat, geben sie die Schwankungen der Blutstromgeschwindigkeit in der untersuchten Extremität. Daher der Name «Tachogramm». Es liegt hier schon ein wesentlicher Vorzug dieser Untersuchungsmethode vor andern Methoden der Pulsschreibung; denn es muss ohne weiteres zugegeben werden, dass klinisch das Studium der Strömungsverhältnisse des Blutes sehr viel mehr Interesse darbietet, als das Studium der arteriellen Druckschwankungen, über welche der Sphygmograph ausschliesslich Aufschluss gibt. Denn wie wir entgegen einer bei den Aerzten verbreiteten Annahme betonen wollen, kann bei hohem arteriellem Druck die Durchströmung der Organe mit arteriellem Blut, die für ihren physiologischen Bestand und Zustand so sehr wesentlich ist, ebensowohl gut als sehr schlecht sein. Die grosse Unvollkommenheit der Aufschlüsse, welche der Arzt vermittelst des Sphygmogramms erhält, liegt ja zum Teil daran, dass der Sphygmograph wohl — und selbst dies nur mit gewissen Beschränkungen — Aufschluss gibt über die arteriellen Druckverhältnisse, aber nicht den geringsten Aufschluss über die Durchströmung der Organe.

In betreff der Unterschiede der drei in Frage stehenden Methoden der Pulsschreibung verweise ich im übrigen auf die erwähnten beiden Arbeiten, sowie auf die Darstellungen in dem Buch von v. Frey über den Puls[1]. Leicht verständlich ist ohne weiteres der Unterschied der Tachographie von der Sphygmographie, da ja hier die Form der Kurve durch die Exkursionen einer ganz umschriebenen Stelle der Arterienwand unter einer drückenden Feder bedingt wird, während bei der Tachographie die Volumensveränderungen, welche die

[1] Die Untersuchung des Pulses, von M. v. Frey. Berlin 1892.

Pulswelle im ganzen Arm hervorruft, das Movens der Kurve darstellen. Weniger auf der Hand liegt der Unterschied zwischen Volumpulskurve oder Plethysmogramm und Tachogramm; denn bei beiden sind es die Volumschwankungen der zur Untersuchung benützten Extremität, welche den Verlauf der Kurve bedingen. Der prinzipielle Unterschied, welcher beim Tachographen durch die Uebertragung der Volumschwankungen auf eine Gasflamme gegenüber den mittelst Mareyscher Kapsel aufgenommenen Plethysmogrammen bedingt wird, erhellt am klarsten, wenn man sich vorstellt, welchen Verlauf die Kurve in dem einen und in dem andern Fall bei einer Volumenszunahme des Arms einschlägt. Bei der plethysmographischen Uebertragung mittelst der Mareyschen Kapsel bleibt am Ende der Volumenszunahme der Schreibhebel in der erreichten Höhe, so lange das Volumen gleich bleibt, respektive nicht abnimmt. Bei der Flammenübertragung dagegen hat das Armvolumen als solches auf die Flammenhöhe, respektive Kurvenhöhe, gar keinen Einfluss, sondern nur der während der Volumens z u n a h m e verstärkte Gasstrom aus dem Brenner bedingt eine Vergrösserung der Flammenhöhe, und die Flammenhöhe sinkt sofort zurück, selbst wenn das Volumen des Armes gross bleibt, vorausgesetzt, dass das letztere nicht w e i t e r zunimmt. Ja selbst bei weiterer Zunahme des Volumens des Armes kann die Flammenhöhe sinken, vorausgesetzt, dass diese Zunahme langsamer erfolgt als die frühere. Mit andern Worten, die tachographische Flamme reagiert nicht auf das Volumen des Armes, sondern bloss auf die V e r ä n d e r u n g e n des Volumens, d. h. auf die Differenzen der arteriellen Stromstärke und der als konstant anzunehmenden venösen Stromstärke in der Extremität. Die Ordinate des Tachogramms wird infolgedessen der Raschheit der pulsatorischen Volumschwankungen des Armes proportional. Kries drückt dies mathematisch aus, indem er die Ordinate des Tachogramms gleich setzt dem ersten Differentialquotienten der zugehörigen Stelle der Volumpulskurve, d. h. gleich

$$\frac{d.\ V.}{d.\ t.}$$

wenn V das Volumen des Armes und t die Zeit bedeutet. Elementar ausgedrückt ist also die Flammenhöhe, respektive Kurvenhöhe, proportional der Steilheit des Anstieges der Volumpulskurve. Wo die Volumpulskurve absinkt, da erscheinen im Tachogramm negative Ordinaten, indem unter diesen Verhältnissen der sich verkleinernde Arm die Gasflamme unter ihrer gewöhnlichen Höhe gewissermassen zurücksaugt. Die Abscissenaxe entspricht der unbekannten gleichmässigen venösen Stromstärke und die tachographische Kurve muss die Abscissenaxe in dem Momente erreichen, wo die Volumenszunahme oder auch die Volumensabnahme aufhört, also an den Wendepunkten der Volumpulskurve.

Infolge dieser prinzipiellen Verschiedenheiten sehen nicht nur die Tachogramme im allgemeinen ganz anders aus als die zugehörigen Sphygmogramme und Plethysmogramme, sondern es ist auch klar, dass vasomotorische Einflüsse sich keineswegs a priori in gleicher Weise in den drei Arten von Kurven geltend machen müssen. Die Veränderungen der Volumpulskurve durch vasomotorische, lokale und reflektorische Beeinflussungen des untersuchten Arms sind durch A. Mosso [1] studiert worden. Auch er bediente sich, wie ich bei meinen Versuchen, thermischer Erregungen, um die Vasomotoren zu beeinflussen. Abgesehen von den Veränderungen der *Form* der Kurve, auf die ich hier nicht eingehen will, fand Mosso durch die gefässzusammenziehende Wirkung der Kälte schon nach kurzer Dauer der Einwirkung (nach 1—2 Minuten) eine Erniedrigung und durch die gefässerweiternde Wirkung der Wärme eine Erhöhung der Kurve. Es liegt nun auf den ersten Blick nahe, anzunehmen, dass sich das Tachogramm analog verhält, da ja eine Gefässerweiterung auch dem Einströmen des Blutes in den Arm zu gute kommen wird, wie umgekehrt eine Verengerung der Arterie als Hindernis für das einströmende Blut erscheint. Allein eine genaue Ueberlegung zeigt, dass sich dies nicht notwendig so zu verhalten braucht, denn nach un-

[1] Die Diagnostik des Pulses in Bezug auf die lokalen Veränderungen desselben. Leipzig, Verlag von Veit & Cie. 1879 (deutsche Uebersetzung der ursprünglich italienisch erschienenen Arbeit).

seren Auseinandersetzungen kann ja eine hohe Volumpulskurve einem niedrigen Tachogramm entsprechen, vorausgesetzt, dass der Anstieg des Volumens ein langsamer ist. Mathematisch ausgedrückt kann der Differentialquotient der Volumpulskurve, welcher nach dem obigen dem Ueberschuss der zugehörigen arteriellen Stromstärke über die venöse proportional ist, selbst für eine sehr hohe Volumpulskurve überall klein sein, falls die Kurve nicht steil ist. Man könnte theoretisch, wie Fick[1] gezeigt hat, das zu einer bestimmten Volumpulskurve gehörige Tachogramm durch Differenzierung berechnen, wenn uns die Formel der erstern für den gegebenen Fall bekannt wäre. Aber abgesehen davon, dass eine derartige Formel für die Volumpulskurve sich bisher nicht aufstellen liess, gibt es, wie v. Kries gezeigt hat, bis jetzt noch kein Verfahren, um Volumpulskurven von genügender Präzision zu einer derartigen Umrechnung, respektive vielleicht auch zur Konstruktion der Strompulskurven zu erhalten. Ein kleiner Fehler der Steilheit des Anstieges in der Volumkurve wird in der Strompulskurve sehr viel grössere Dimensionen annehmen. Man ist deshalb praktisch auch für die Tachogramme auf das direkte experimentelle Studium der gesuchten, durch thermische resp. vasomotorische Wirkungen bedingten Veränderungen angewiesen. Dazu soll die nachfolgende Arbeit einen Beitrag liefern. Es sind derartige Studien über das Tachogramm in ausgedehnterer Weise bisher meines Wissens nicht angestellt worden. Ich fand bloss in der Arbeit von v. Kries[2] eine mehr beiläufig im Anschluss an die Besprechung der Veränderung der Sphygmogramme durch Temperaturwirkungen angeführte kurze Notiz über die Beeinflussung des Tachogramms durch Wärme und Kälte, welche durch zwei Kurven (12[a] und 12[b]) illustriert ist. Die betreffenden Kurven werden durch v. Kries nicht eingehender diskutiert.

In betreff der Anordnung der Versuche bemerke ich, dass dieselben alle an ganz oder relativ gesunden Individuen vor-

[1] Die Druck- und Geschwindigkeitskurve der Arteria radialis des Menschen. Verhandlungen der medizinischen-physiologischen Gesellschaft zu Würzburg 1886.

[2] Studien zur Pulslehre. Freiburg 1892, p. 112.

genommen wurden. Alle Tachogramme wurden sitzend, bei horizontal aufgelegtem Vorderarm aufgenommen. Wo in Versuchsprotokollen nichts anderes bemerkt ist, blieb die Pulsfrequenz, die natürlich einen grossen Einfluss auf die Beschaffenheit der Kurve haben kann, während der einzelnen Stadien des Versuches gleich. Die Pulsfrequenz wurde teils durch direkte Zählung, teils mittelst graphischer Zeitmarkierung auf der Kurve, festgestellt. Die Zeitmarkierung geschah in der von Dr. Rüedi in seiner Arbeit beschriebenen Weise vermittelst einer sich ebenfalls auf der Trommel photographierenden Zeitflamme, welche in Sekundenrhythmus vermittelst eines Metronoms abgeblendet wurde. Der Raumersparnis halber musste die Zeitmarkierung in der Reproduktion der Kurven weggelassen werden. Die Pulsflamme wurde zur Verhinderung von flackernden Bewegungen für jeden einzelnen Versuch möglichst klein eingestellt, jedoch so, dass im Wellenthal das Flammenbild auf der Trommel nie ganz verschwand. Bei den zusammengehörigen Kurvenaufnahmen bei einem und demselben Patienten (Kontrollkurve, Wärme- und Kältewirkung) wurde natürlich an der Pulsflamme, um vergleichbare Resultate zu erhalten, nichts geändert.

In betreff der photographischen Technik führe ich folgendes an: Das Flammenbild wurde nicht auf den Schieber, den die Spalte der Camera verdeckt, sondern direkt auf die Trommel eingestellt. Trotz der geringen Entfernung zwischen Schieber und Trommeloberfläche genügt nämlich die betreffende Distanz, um infolge der Fokusdifferenz bei Einstellung des Flammenbildes auf den Schieber die Aufnahme unscharf zu gestalten. Zur Aufnahme der Kurven diente das auch von Dr. Rüedi benützte papier au gélatino-bromure d'argent, qualité B, von D. Hutinet in Paris (Avenue Parmentier N° 18), das sich durch grosse Empfindlichkeit auszeichnet. Die Lichtstärke unseres gewöhnlichen Gases genügte vollkommen, um ohne Zusatz von Benzindampf deutliche Bilder zu erhalten.

Zur Entwicklung des gewonnenen Bildes diente anfangs Rodinal (3,0 : 200,0 Wasser mit 4 cm^3 10 % Bromkaliumlösung), später eine selbst angefertigte Lösung von Paramidophenol nach folgender Vorschrift:

Wasser	1000,0
Natr. sulfuros.	80,0
Paramidophenol hydrochlor. .	4,0
Kal. carbonic.	80,0

(in dieser Reihenfolge gelöst). Zu je 200 cm^3 dieses Entwicklers wurden 4 cm^3 10 % Bromkaliumlösung zugesetzt. Als Fixierflüssigkeit diente eine Lösung von:

Aq. dest.	3000,0
Natr. sulfuros.	150,0
Acid. sulfuric.	18 cm^3
Natr. hypolsulfuros. . .	600,0

In dieser Lösung blieben die Bilder circa 5 Minuten und nachher wurden sie längere Zeit in fliessendem Wasser ausgewaschen und sodann auf Papier gelegt und getrocknet. Reichlicher Bromkaliumzusatz zu dem Entwickler ist wesentlich, um die Kurve auf möglichst weissem Grunde zu erhalten. Vorteilhaft schien es uns, hinter der Pulsflamme einen schwarzen Schirm aufzustellen, um jeden Einfall von diffusem Tageslicht in die Camera zu verhindern.

Die Zahl der Versuche, die ich angestellt habe, ist eine sehr grosse (280 Tachogramme und 69 Sphygmogramme), und es sind in dem folgenden von denselben nur die charakteristischeren und besseren mitgeteilt.[1] Zahlreiche Kurven pflegen beim tachographischen Verfahren unbrauchbar auszufallen, weil man Versuchsstörungen meist erst bei der Entwicklung der Kurve, also nach Abschluss des Versuches, erkennt, und weil das Tachogramm infolge der ausserordentlichen Empfindlichkeit der Pulsflamme leichter durch Zufälligkeiten, wie abnorme Atmung, Körperbewegungen, namentlich Zittern, das besonders bei der Kälteeinwirkung eine störende Rolle spielt, entstellt wird. Ich habe denn auch nur diejenigen Versuche fortlaufend numeriert, welche ich in meiner Arbeit schildere.

In betreff der Bezeichnung der einzelnen Kurvengipfel des Tachogramms halte ich mich an die nämlichen Grundsätze wie Dr. Rüedi in seiner Arbeit.

[1] Die Reproduktion der Kurven in Lichtdruck lässt leider vielfach zu wünschen übrig. Die Originale, nach welchen die Tafeln angefertigt worden sind, sind technisch tadellos.

B. Versuche.

I. Lokale thermische Einwirkungen.

Erste Versuchsanordnung.

Ich versuchte zunächst die Temperatureinflüsse auf das Tachogramm in der Weise zu studieren, dass ich die tachographische Kurve aufnahm, während der wie gewöhnlich in den Plethysmographencylinder[1] eingeführte und mittelst einer Kautschukmanschette abgeschlossene Arm sich samt dem Cylinder in möglichst horizontaler Lage in einem warmen oder kalten Lokalbad, respektive in einer Kältemischung aus Schnee, Wasser und Kochsalz befand. Zum Vergleich wurde jeweilen *vor* der thermischen Einwirkung ein gewöhnliches Tachogramm in horizontaler Lage des Armes aufgenommen. Beim Uebergang zu den thermischen Einwirkungen blieb dabei der Arm unverrückt in der ursprünglichen Lage, wie beim Kontrolltachogramm, im Glasärmel, so dass die verschiedenen Kurven bei einem und demselben Versuch direkt vergleichbar sind. Bei dieser ersten Versuchsanordnung wurde der Cylinder stets bis zur Mitte des Oberarms appliziert.

Es mussten bei dieser Gruppe von Versuchen noch folgende Vorsichtsmassregeln beobachtet werden. Um akute störende Gefässreflexe, die durch die direkte Berührung der Haut mit den stark erwärmten, respektive stark abgekühlten Wänden

[1] Als solcher wurde ausschliesslich der Mosso'sche Glasärmel gebraucht, um die Hautfärbung beobachten und um die nötigen Temperaturmessungen im Innern vornehmen zu können. Die eine Oeffnung des Glasärmels dient zur Anbringung des zur Flamme führenden Schlauches, die zweite zur Einführung eines Thermometers, die dritte wurde geschlossen.

des Cylinders bei allfälligen Lageveränderungen des Armes eintreten konnten, zu verhindern, wurden zwischen Arm respektive Hand und Cylinder, überall da wo Berührung stattfinden konnte, dünne Korkplatten eingelegt, so dass die thermische Einwirkung im wesentlichen nur von der Luft aus stattfand und alle akuten thermischen Nervenerregungen ausgeschlossen waren. Ausserdem wurde, in derselben Absicht und um nur das eingeschlossene Stück des Arms thermisch zu beeinflussen, dafür Sorge getragen, dass die aufgeblasene Gummimanschette den ausserhalb des Cylinders liegenden Teil des Arms vor der thermischen Einwirkung möglichst schützte. Der oberhalb der Gummimanschette gelegene Teil des Arms kam mit dem Wasser respektive der Kältemischung nicht in Berührung und wurde ausserdem, um strahlende Einwirkungen sowie die Berührung mit dem warmen Wasserdampf möglichst zu verhindern, mit einem Tuche umwickelt. Um diese Versuche bequem anzuordnen, bediente ich mich einer dazu angefertigten Armbadewanne aus Zinkblech, welche in ihrem Deckel am Rande einen Einschnitt für den Durchtritt des Armes hatte und ausserdem eine Oeffnung für die Durchführung des Tachographenschlauches besass. Der Kubikinhalt dieses Blechgefässes wurde sehr gross gemacht (circa 55 Liter), damit bei den Versuchen über Wärmeeinwirkung das Wasser möglichst lange die Wärme behielt.

Ich verhehlte mir von vornherein nicht die Schwierigkeiten, die es haben würde, durch Vermittlung einer nicht unerheblichen Luftschicht hindurch, die ja als schlechter Wärmeleiter den Arm in hohem Masse gegen thermische Einwirkungen schützen musste, den letztern genügend zu erwärmen respektive abzukühlen, um deutliche Unterschiede des Tachogramms zu erhalten. Allein die gewählte Versuchsanordnung war, wenn man das reine Gastachogramm studieren wollte, die einzig mögliche, und die Heizung respektive Abkühlung des Tachographencylinders mittelst eines an seiner innern Wand aufgerollten spiraligen Metallrohres, das mit kaltem oder warmem Wasser durchströmt wurde, wie es von Fräulein Amitin in ihrer Dissertation für plethysmographische Zwecke bewährt

erfunden wurde, hätte für unsere Zwecke keine Vorteile dargeboten, da auch hierbei die Luftschicht als Hindernis für die genügende Erwärmung respektive Abkühlung des Armes in Betracht gekommen wäre. Plethysmographische Versuche sind in dieser Beziehung sehr viel leichter, weil bei ihnen der Arm im Wasser liegt.

Immerhin lehrte uns die Erfahrung, dass man auf dem von uns betretenen Wege genügende thermische Einwirkungen erhält, um ihren Effekt am Tachogramm zu erkennen, vorausgesetzt, dass man den Arm lange genug in der kalten oder warmen Umhüllung belässt. Vor Ablauf einer halben Stunde war gewöhnlich keine deutliche Veränderung des Tachogramms zu erkennen, namentlich nicht für die Kälteeinwirkung. Die Wärmeeinwirkung wirkte gewöhnlich rascher und überhaupt intensiver, unter anderm wohl deshalb, weil dabei die Luft im Cylinder in kurzer Zeit einen hohen Feuchtigkeitsgrad annahm, so dass neben der strahlenden Einwirkung auch die Leitung der Wärme in höherem Mass in Betracht kam.

Es wurde bei den Versuchen jeweilen der im Gegensatz zu plethysmographischen Experimenten a priori unberechenbare Grad der Abkühlung respektive Erwärmung der Haut durch die Ablesung eines Thermometers kontrolliert, welches durch den einen Tubulus des Cylinders luftdicht eingeführt und der Untersuchungsperson in die geschlossene Hohlhand gegeben wurde. Diese Ablesungen ergaben in der That, dass erst nach längerer Einwirkung die Temperatur der Hand erheblich verändert wurde. Es sei bei diesem Anlasse angeführt, dass im Beginn der Kälteapplikation auf den Arm die Temperatur in der Hohlhand in der Regel zuerst steigt, vorausgesetzt, dass die Hohlhand, indem sie sich um das Thermometer luftdicht schliesst, vor der direkten Kälteeinwirkung geschützt ist. Die nächstliegende Erklärung dieser Erscheinung liegt wohl in der Rückstauung des Blutes aus den kontrahierten Gefässen der Oberfläche in die nicht oder weniger kontrahierten Gefässe der Hohlhand.

Wir lassen nun einige Versuchsprotokolle mit den zugehörigen Kurven folgen:

Versuch I.

Riesenmey, Franz, 21jährig, Hysterie. 15. XII. 94.

Das vor der thermischen Einwirkung bei einem Puls von 96 und bei einer Temperatur der Hohlhand von 33° C. aufgenommene Kontrolltachogramm I. a. ergibt grosse, 18—20 mm. hohe, spitzige systolische Zacken mit starker Katadikrotie. Die erwähnten Höhendifferenzen hängen mit Atemschwankungen zusammen.

Es wurde nun der Arm in der beschriebenen Weise der Einwirkung eines Bades von 11° C. ausgesetzt und nach Ablauf von 35 Minuten wieder ein Tachogramm I. b. aufgenommen, während das Thermometer in der Hohlhand 28° C. anzeigte. Die Kurve hat im wesentlichen die gleiche Form wie vorher, die systolischen Gipfel haben eine Höhe von 14—28 mm. Es sind also einfach die Höhenunterschiede infolge der Atemschwankungen grösser geworden.

Der Arm wurde nun in gleicher Weise im Aermel einem Bad von 50° C. ausgesetzt. Aufnahme des Tachogramms I. c. Nach 20 Minuten: Temperatur der Hand 38° C., Arm nicht gerötet, nicht cyanotisch. Puls 88. Die Kurve zeigt, dass die Wärmeeinwirkung eine deutliche Veränderung des Tachogramms hervorgerufen hatte. Die systolischen Gipfel sind bedeutend höher geworden, 26—28 mm. Da die Basis des systolischen Gipfels nicht zugenommen hat, so erscheint die Kurve bedeutend spitziger und auch der katadikrote Gipfel ist höher und spitziger geworden; seine Spitze ist aber doch vom Hauptgipfel in senkrechter Richtung weiter entfernt als vor der Wärmeeinwirkung. An einigen Stellen sind sehr schmale und spitzige Nachschläge und Zwischenschläge zu sehen.

Dieser Versuch ergibt also, dass bei der gewählten Versuchsanordnung ein Bad von 11° C. auf die Aussenseite des Cylinders einwirkend nach 35 Minuten, abgesehen von dem Deutlicherwerden der Atmungsschwankungen, noch keine wesentliche Veränderung des Strompulses hervorruft, während ein Bad von 50° C. schon nach 20 Minuten eine bedeutende Erhöhung der systolischen Gipfel bedingen kann.

Versuch II.

Der nämliche Patient. 21. XII. 94.

Gleiche Versuchsanordnung. Bad von 1° C. während 35 Minuten. Temperatur der Hand sinkt von 33° C. auf 28° C. Nachher Bad von 55° C. während 25 Minuten, die Temperatur der Hohlhand steigt dabei von 28° C. auf 38,5° C. Wir führen nur als Resultat dieses Versuches an, dass hier weder durch die Kälte, noch durch die Wärmeeinwirkung quantitativ eine deutliche Veränderung der Pulskurven eintrat, während freilich die Form der Kurve sich etwas änderte.

Der Vergleich dieses Resultates mit dem vorhergehenden Versuch ergibt, dass bei einem und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten die Reaktion der Vasomotoren eine verschiedene sein kann.

Versuch III.

Derselbe Patient. 2. I. 95.

Dieselbe Versuchsanordnung.

Vor dem Bad Puls 104. Temperatur der Hand 36° C. Bad von 6° C. während 44 Minuten, wobei die Temperatur der Hand auf 31° C. sinkt. Nachher Bad von 54° C. während 42 Minuten. Temperatur der Hand steigt von 32° C. auf 38° C. Puls bleibt 100.

Auch dieser Versuch zeigt, wie schwer es bei der gewählten Versuchsanordnung ist, die Temperatur des Armes zu verändern. Wir fanden denn auch beim Abkühlungsversuch in Uebereinstimmung mit Versuch I, dass die angewendete Kälte nicht genügte, um das Tachogramm wesentlich zu beeinflussen, während die Wärmeeinwirkung die primären und die dikroten Gipfel erhöhte, und zwar die erstern von 14—16 mm. bis auf 19—22 mm. Dabei war auch hier die vertikale Distanz der dikroten Spitze von dem primären Gipfel bedeutend grösser als von der Wärmeeinwirkung.

Versuch IV.

Balli, Ettore, 29jährig. 17. I. 95.

Gleiche Versuchsanordnung.

Das Tachogramm IV. a. *vor* der thermischen Einwirkung zeigt bei einem Puls von 76 deutliche Atemschwankungen und nach dem Hauptgipfel eine sehr grosse Anzahl ganz schmaler, hoher pallissadenartig nebeneinander gestellter Nebengipfel, unter welchen sich nur ab und zu einer als vermutlicher Dikrotus undeutlich auszeichnet. Die Spitzen des Hauptgipfels und der Nebengipfel liegen in einer ziemlich gleichmässig vom Hauptgipfel abfallenden schrägen Linie.

Arm und Glasärmel werden nun mit einer Kältemischung von —12° C. umgeben. Binnen 20 Minuten stieg die Temperatur der Hand von 31,5° C. auf 33,5° C., dann sank sie allmählich auf 26° C., um hier stationär zu bleiben. Die Haut wurde dabei nicht cyanotisch. Das Kältegefühl blieb ein sehr mässiges. Die Lufttemperatur im Aermel war dementsprechend in einer Stunde nicht tiefer als auf 15° C. gesunken.

Nach einstündiger Einwirkung wurde wieder das Tachogramm (IV. b.) aufgenommen; dasselbe ergab keine deutliche Veränderung weder der Form, noch der Höhe der Kurve.

Der Blechkasten wurde sodann mit Wasser von 50° C. gefüllt und nach 40 Minuten bei einem Puls von 72 und nachdem die Temperatur der Hand auf 37° C. gestiegen war, wieder ein Tachogramm (IV. c.) aufgenommen. Die Versuchsperson hatte während dieses Versuches starke Wärmeempfindung, die sogar zu allgemeinem Schweissausbruch führte.

Das Tachogramm erscheint nach der Wärmeeinwirkung bedeutend verändert. Die Höhe des Hauptgipfels, die vor der Einwirkung 15 mm. betragen hatte, beträgt nun 18 mm., dabei hebt sich der Hauptgipfel als steile isolierte Zacke aus der übrigen Kurve ab. Ein mit dem Hauptgipfel verschmolzener Dikrotus ist sichtbar und die übrigen Nebenschläge haben sich gegen die Kurvenbasis zurückgezogen. Die Vertikaldistanz aller Nebengipfel von der Spitze des Hauptgipfels hat bedeutend zugenommen.

Versuch V.

Die gleiche Versuchsperson und Anordnung des Versuches. 19. I. 95. Tachogramm V. a. vor der thermischen Einwirkung

ist ähnlich wie am 17. I. nur etwas unregelmässiger und mit deutlicher Dikrotie. Höhe der Hauptgipfel circa 17 mm.

Kälteeinwirkung von — 12° C. während einer halben Stunde. Die Temperatur der Hand stieg von 33,5° C. auf 34° C., sank dann auf 30° C., worauf das Tachogramm V. b. aufgenommen wurde. Dasselbe zeigt nun eine Erniedrigung der primären Gipfel um 1—2 mm. (Höhe also 15 mm), ausserdem ein leichtes Hinaufgerücktsein der sekundären Gipfel gegen die Spitze des Hauptschlages, so dass der descendierende Schenkel des Gesamtpulses weniger steil abfällt.

Noch deutlicher werden diese Veränderungen bei weiterer Abkühlung, nachdem die Temperatur der Kältemischung auf — 15° C. gebracht wurde, Kälte also im ganzen $^3/_4$ Stunden eingewirkt hatte. Die Temperatur der Hohlhand war auf 28° C. gesunken. Die Kurve V. c. ist noch etwas niedriger, die sekundären Gipfel sind unter Verschwinden der Dikrotie gegen den Hauptgipfel hinaufgerückt.

Nachdem die Kälte im ganzen eine Stunde eingewirkt hat, wird ein neues Tachogramm V. d. aufgenommen bei einer Temperatur des Schnees von — 15° C., der Hand von 28° C. Das Tachogramm zeigt eine Höhe des Hauptgipfels von 13 mm, die Dikrotie ist ganz verschwunden, die sekundären Erhebungen folgen sich in ganz gleichen Intervallen, ihre Gipfelpunkte sind der Spitze des Hauptgipfels in vertikaler Richtung sehr nahe gerückt und ihre Verbindungslinie bildet eine vom Hauptgipfel ganz langsam abfallende und schliesslich ganz horizontal werdende Linie.

Am Schlusse der Kälteeinwirkung empfand die Versuchsperson erhebliche Kälte und Prickeln in der Hand. Es scheint, dass es bei diesem Versuche zum ersten Male gelungen war, eine erhebliche Abkühlung des Arms hervorzurufen.

Es wurde nun das Blechgefäss entleert und die Kältemischung durch Wasser von 53° C. ersetzt. Die Temperatur der Hand, welche im Beginn der Einwirkung 26° C. betragen hatte, stieg nach 10 Minuten auf 28° C. Das zu dieser Zeit aufgenommene Tachogramm (V. e.) nähert sich in seiner Form wieder sehr dem ersten Tachogramm V. a. dieses Versuches, das vor jeder

thermischen Einwirkung aufgenommen worden war. Nur ist die Höhe des Hauptgipfels noch gering (13,5 mm).

Nach 23 Minuten ist bei einer Temperatur der Hand von 36° C. die Kurve V. f. ungefähr so hoch wie am Anfang vor jeder thermischen Einwirkung (17 mm). Die sekundären Gipfel haben sich gegen die Abscisse zurückgezogen, so dass sich der Hauptgipfel isolierter abhebt.

Nach 30 Minuten Wärmeeinwirkung ist der Hauptgipfel des Tachogramms V. g. noch um 1 mm höher geworden (18 mm). Die sekundären Gipfel haben sich noch mehr gegen die Basis gesenkt und nur der Dikrotus ragt noch bis ungefähr zu der Mitte des Hauptgipfels empor, so dass der absteigende Schenkel des Gesamtpulses, respektive die Verbindungslinie des Hauptgipfels mit allen sekundären Gipfeln, in scharfem Gegensatz zu dem Tachogramm nach Kälteeinwirkung (V. d.) eine sehr steil abfallende Linie bildet.

Zweite Versuchsanordnung.

Mit Rücksicht auf die vielfach hervorgehobene Schwierigkeit, bei der bisher besprochenen Versuchsanordnung den Arm durch den Luftraum des Tachographencylinders hindurch genügend zu erwärmen, liegt es nahe, die Versuche in der Weise anzustellen, dass zunächst der Arm ausserhalb des Tachographencylinders kalt oder warm gebadet und dann unmittelbar nachher in den Cylinder eingeführt und das Tachogramm aufgenommen wird. Man geht hierbei von der Voraussetzung aus, dass die thermischen Einwirkungen einen sie überdauernden Effekt entfalten, und studiert dann eben diese Nachwirkung. Dass eine solche Nachwirkung auf die Vasomotoren existiert, und zwar eine solche, die wenigstens in der nächsten Zeit nach dem Aufhören des thermischen Reizes gleichsinnig ist, wie während der thermischen Einwirkung selbst, geht aus Beobachtungen des gewöhnlichen Lebens hervor: nach einem kalten Bad bleibt die Hand eine Zeit lang kalt, nach einem warmen Bad warm und dabei je nach der Art und dem Grad der Einwirkung blass, rot oder cyanotisch, wie sie während des Bades selbst war. Diese

Versuchsanordnung ist ähnlich derjenigen, welche v. Kries[1] anwendete, welcher Tachogramme anführt, die er aufnahm, indem er den Arm durch in den Plethysmographenärmel eingegossenes und nachher wieder abgelassenes warmes und kaltes Wasser beeinflusste.

Die Versuche, welche in dieser Weise angestellt wurden, gingen zeitlich den bisher beschriebenen Versuchen voraus; ich führe sie erst an dieser Stelle an, weil diese zweite Versuchsanordnung ein sehr wenig prägnantes Resultat ergab, welches erst an der Hand der bisher beschriebenen Versuche uns verständlich wurde. Wir fanden nämlich die erwähnte Nachwirkung im Tachogramm meist nur wenig ausgesprochen, und es erklärt sich dies, wenn wir uns daran erinnern, wie viel es bei der ersten Versuchsanordnung brauchte, um die thermische Wirkung auf das Tachogramm zu erhalten. Wir sahen dort, dass eine Temperaturdifferenz in der Hohlhand von wenigen Graden keineswegs immer genügte (namentlich bei der Kälteeinwirkung nicht), um im Tachogramm sichtbar zu werden. Wir kamen bei der zweiten Versuchsanordnung mit der Aufnahme des Tachogramms eben häufig zu spät, um so mehr, als wir wenigstens bei einem Teil der Versuche jeweilen vor dem Tachogramm das Sphygmogramm der Arteria radialis aufnahmen.

Soweit wir bei dieser Methode Resultate erhielten, stimmen sie überein mit den Resultaten der ersten Versuchsanordnung. Ich führe deshalb und weil aus den erwähnten Gründen die Resultate meist nur ungenügend waren, bloss einige Versuche an.

Es sei noch bemerkt, dass wir bei diesen Versuchen die thermischen Einwirkungen jeweilen auf die Hand und den ganzen Vorderarm bis zum Ellbogen einwirken liessen (vermittelst der in der Klinik bei Aderlässen gebrauchten kleinen Armbadewanne), während der Tachographenärmel bis zur Mitte des Oberarms appliziert wurde, um möglichst gute Tachogramme zu erhalten.

[1] Studien zur Pulslehre. Freiburg 1892, p. 112.

Versuch VI.

Münger, Christ., 47jährig. 3. IX. 94.

Es werden zuerst Sphygmogramm und Tachogramm ohne thermische Einwirkung aufgenommen (VI. a.), sodann erhält der Patient ein fünf Minuten dauerndes Armbad von 15 °C., worauf sofort wieder Sphygmogramm und nachher Tachogramm aufgenommen werden (VI. b.). Das Sphygmogramm ist in der bekannten Weise, wie es von Mosso[1] beschrieben wurde, erniedrigt. Das Tachogramm zeigt infolge ausgesprochener Atemschwankungen abwechselnd höhere und niedrigere Hauptgipfel, die niedrigeren sind um ungefähr 1 mm niedriger als vor der Kälteeinwirkung; die höheren, offenbar durch die respiratorischen Schwankungen in die Höhe getrieben, sind etwas höher als vorher. Die sekundären Elevationen verhalten sich wie wir es bei der ersten Versuchsanordnung für die Kälteeinwirkung als typisch kennen gelernt haben (vergleiche Tachogramm V. d.).

In ebenso typischer Weise fanden sich Sphygmogramm und Tachogramm *erhöht,* als Patient hierauf ein 5 Minuten dauerndes Bad von 50 °C. erhalten hatte (VI. c.). Auch die Formveränderung des Tachogramms ist hier die bei der ersten Versuchsanordnung gefundene typische, indem die sekundären Erhebungen im Verhältnis zum Hauptgipfel immer niedriger werden und mehr und mehr in dem steil abfallenden Schenkel des Gesamtpulses aufgehen.

Versuch VII.

Ganz ähnlich waren die Resultate bei einem Versuch, zu dem sich mir Herr Dr. Eguet zur Verfügung stellte. Die Kurven sind aber technisch so wenig vollkommen, dass ich auf ihre Wiedergabe verzichte.

Einige andere in gleicher Weise ausgeführte Versuche ergaben, wie erwähnt, keine deutliche Nachwirkung, und auf diese will ich hier nicht eingehen.

---

[1] Die Diagnostik des Pulses in Bezug auf die lokalen Veränderungen desselben. Leipzig 1879.

Dagegen will ich hier noch einen Versuch derselben Reihe ausführen, welcher zeigt, in wie hohem Masse das Tachogramm, besonders in seiner Höhe, vom Sphygmogramm unabhängig ist.

Versuch VIII.

Balli, Ettore, 28jährig. 18. VIII. 94.

Vor der thermischen Einwirkung wurden die Kurven VIII. a. aufgenommen, nach einem Armbad von 15 °C. während 5 Minuten die Kurven VIII. b., und endlich nach einem Armbad von 49 °C. während 5 Minuten die Kurven VIII. c. Das Tachogramm zeigt hiernach nur sehr unbedeutende Veränderungen, während die Veränderungen des Sphygmogramms sehr ausgesprochen sind. Freilich wurde jeweilen nach der thermischen Einwirkung das Sphygmogramm zuerst aufgenommen. Bei der Leichtigkeit, mit welcher der Tachograph in Gang gesetzt werden kann, ging jedoch bis zur Aufnahme des Tachogramms nur sehr wenig Zeit verloren, so dass z. B. Sphygmogramm VIII. b. und Tachogramm VIII. b. doch ziemlich direkt mit einander vergleichbar sind. Dabei hat das letztere in seiner Höhe nur sehr wenig eingebüsst, während das erstere noch hochgradig erniedrigt erscheint. Es ist dies eine Bestätigung der in der Einleitung von uns gemachten Annahme, dass Druckpulse, Volumpulse und Strompulse in ihrer Höhe sich keineswegs parallel zu verhalten brauchen.

Dritte Versuchsanordnung.

Um die thermischen Reize noch energischer und namentlich auch rascher auf den Arm einwirken zu lassen, als es bei der ersten Versuchsanordnung möglich war, lag es nahe, die Versuche in der Weise zu wiederholen, dass man den Tachographencylinder statt mit Luft, mit einer erwärmten oder abgekühlten Substanz von besserem Wärmeleitungsvermögen und grösserer Wärmekapazität füllte. Als derartige Substanzen konnten benützt werden einerseits Sand, anderseits Wasser.

Einige Vorversuche zeigten uns, dass Wasser als Füllung insofern sich nicht ganz eignete, als durch die Wasserfüllung des Cylinders das Tachogramm in hohem Masse verändert.

respektive entstellt wurde, ein Punkt, auf den wir im folgenden Abschnitt zurückkommen werden. Wir stellten deshalb einige Versuche mit Sandfüllung des Plethysmographencylinders an. Die Versuche ergaben zunächst, dass man mit Sandfüllung unter Umständen ganz gute, nicht entstellte Tachogramme erhalten kann, offenbar dann, wenn sich die Volumschwankung des Arms, respektive die Strompulse, ohne wesentlichen Widerstand durch die in den Poren der Sandfüllung enthaltene Luft auf die Flamme übertragen.

Man darf, um diesen Bedingungen zu genügen, den Cylinder nicht vollständig, sondern nur bis zur Bedeckung des Armes mit Sand füllen, so dass jede Pressung vermieden wird. Eine solche Kurve ist in Figur IX vom *Versuch IX* reproduziert. Es zeigt sich jedoch bald, dass zu *vergleichenden* Versuchen und zu unserem Zwecke sich die Methode gar nicht eignet. Die gleichmässige lockere Bedeckung des Arms mit dem erwärmten oder abgekühlten Sand erfordert viel Zeit und Mühe, und bei den daherigen Manipulationen verändert sich die Temperatur des Sandes rasch. Auch zeigten unsere Versuche, dass es keineswegs leicht ist, den Sand immer gleich locker einzuführen, und die geringste Pressung kann das Tachogramm verändern, so dass man unvergleichbare Resultate erhält. Eine geringe Differenz der Höhe der oberhalb der Hand liegenden Sandschicht, wie man sie unmöglich kontrollieren kann, kann bedeutende Verschiedenheiten des Tachogramms bedingen.

Wir verzichteten daher bald auf die Sandmethode, und ich will deshalb nicht weiter auf den Gegenstand eingehen.

Vierte Versuchsanordnung.

Obschon es uns durch die erste und zweite Versuchsanordnung gelungen war, die Veränderung des Tachogramms durch thermische Einwirkungen qualitativ in befriedigender Weise festzustellen, so scheiterte doch, wie aus unseren früheren Auseinandersetzungen hervorgeht, eine Beurteilung der quantitativen Verhältnisse an der Schwierigkeit, durch den Luftraum des Tachographencylinders hindurch den Arm er-

heblich zu erwärmen oder abzukühlen. Es lag deshalb nahe, um intensivere Wirkungen zu erhalten, die Wärme und Kälte in der Weise zu applizieren, dass der Tachographencylinder mit kaltem oder mit warmem Wasser gefüllt wurde. Die Uebertragung des Pulses auf die Flamme kann durch den luftgefüllten Schlauch trotzdem in gleicher Weise stattfinden, wie bei den gewöhnlichen Verfahren der Tachographie. Die Idee bei dieser Modifikation ist die nämliche wie bei den Sandversuchen, nur dass mit der Wasserfüllung viel leichter zu manipulieren ist, als mit der Sandfüllung.

Nun machte sich aber bei diesem Verfahren ein Uebelstand geltend, den wir schon bei den Vorversuchen, die wir schon auf Seite 20 erwähnten, erkannten, und der uns anfangs veranlasste, das Verfahren zu verlassen, bis wir schliesslich, eben zum Zwecke des Studiums der quantitativen Verhältnisse, zu demselben zurückkehrten.

Die in der erwähnten Weise aufgenommenen Kurven erscheinen nämlich gegenüber den Tachogrammen, die mit luftgefülltem Cylinder aufgenommen werden, in hohem Grade verändert, respektive entstellt. Es ist dies leicht verständlich. Während bei der gewöhnlichen Tachographie das charakteristische Merkmal der Uebertragung nach den klaren Auseinandersetzungen von v. Kries[1] darin besteht, dass die Volumschwankungen des Arms, ohne jeglichen Widerstand, gewissermassen ideal, ohne irgendwie erhebliche pulsatorische Druckvermehrungen im Cylinder und ohne Trägheit der bewegten Massen auf die Flamme übertragen werden, fallen diese Vorteile bei der Wasserfüllung des Cylinders zum grössten Teil dahin. Wird der Cylinder nicht ganz mit Wasser gefüllt, so dass über dem Wasserniveau noch eine longitudinale Luftschicht steht, so entsteht durch den Puls an der Wasseroberfläche ein Wellensystem, wie auf einem bewegten Teich, das sich ebenfalls auf die Flammenbewegung überträgt und die Pulsform gänzlich entstellt. Man ist deshalb genötigt, den

[1] Ueber ein neues Verfahren zur Beobachtung der Wellenbewegung des Blutes. **Archiv für Anatomie und Physiologie 1887.**

Cylinder ganz mit Wasser zu füllen, um diese Oberflächenwellen ganz zu vermeiden, und dabei das Wasser in dem die Kommunikation mit der Flamme herstellenden Tubulus, respektive in dem verbindenden Glasrohr, pulsatorisch steigen zu lassen, ähnlich wie es beim Mosso'schen Hydrosphygmographen geschieht. Dadurch wird nun das Prinzip der Uebertragung des Pulses auf die Flamme sofort geändert, indem jeder auch noch so geringen Steigung des Wassers ein Gegendruck gegen die Pulswelle im Arm entspricht. Infolgedessen ist die erhaltene Kurve nicht mehr ein unverfälschtes Tachogramm. Kries hat in seiner soeben citierten Arbeit hervorgehoben, dass jene Verhältnisse bei der hydrosphygmographischen Aufzeichnung des Pulses zu dem Schlusse nötigen, dass die sogenannten Volumpulskurven oder Plethysmogramme, wie sie Mosso in seiner bekannten Arbeit[1] mitteilt, nicht dem theoretischen Begriff der Volumpulskurve entsprechen, sondern gewissermassen ein Mittelding zwischen Druckpulskurven und Volumpulskurven darstellen. Dies macht sich auch bei unsern in Frage stehenden Kurven geltend; wir haben keine reinen Tachogramme mehr, obschon von dem Wasserniveau im Tubulus an bis zur Flamme die Uebertragung nach dem tachographischen Prinzip stattfindet. Es liegt dies eben daran, dass sich, wie wir auseinander setzten, nicht mehr wie bei der ursprünglichen Tachographie die unbeeinflussten Volumschwankungen, sondern vielmehr die durch den Gegendruck des Wassers beeinflussten Volumschwankungen auf den Gasstrom übertragen. Dabei spielen wahrscheinlich auch die Eigenschwingungen des Wassers als einer trägen Masse eine Rolle. Diese Ueberlegungen ergeben, wie schon v. Kries sehr richtig hervorgehoben hat, ohne weiteres die Ueberlegenheit der Gastachographie über die Plethysmographie, respektive Hydrosphygmographie. Es gibt eben, wie v. Kries sagt, bis zur Stunde noch kein Verfahren, um reine, unverfälschte Volumpulskurven zu schreiben, und darunter musste bei unseren

[1] Die Diagnostik des Pulses in Bezug auf die lokalen Veränderungen desselben. Leipzig 1879.

Untersuchungen auch der Versuch leiden, Volumpulse unter Kombination des plethysmographischen mit dem tachographischen Verfahren in Tachogramme zu verwandeln. Dies sind die Gründe, welche es bedingten, dass wir bei der erwähnten Versuchsanordnung wesentlich andere Kurven erhielten, als bei der gewöhnlichen Tachographie. Wir glaubten eine Zeit lang, dass die bei dieser Versuchsanordnung zu stande kommenden ausserordentlich steilen und raschen Schwankungen der Flammenhöhe zum Teil auch auf Eigenschwingungen der den Aermel abschliessenden Gummimanschette zurückzuführen seien; allein einige Versuche, bei welchen statt mittelst der Gummimanschette der Abschluss mittelst Glaserkittes vollzogen wurde, belehrten uns, dass diese Eigenschwingungen der Gummimembran keine wesentliche Rolle spielen.

Infolge dieser eigentümlichen Verhältnisse konnten wir die besprochene Versuchsanordnung nicht zum Studium der Beeinflussung der *Form* des Tachogramms durch thermische Einwirkungen benützen, und anderseits muss auch die Frage aufgeworfen werden, ob wir die *quantitativen* Veränderungen (d. h. die Veränderungen der *Höhe)* der so gewonnenen Kurven durch thermische Einwirkungen im Sinne einer Erhöhung oder einer Erniedrigung des echten Tachogramms deuten dürfen. Hierüber nämlich, über die Veränderungen der Höhe der Strompulskurve, hatten wir durch unser Verfahren besser Aufschluss zu erhalten gehofft, als durch die Versuchsanordnung I mit all ihren Schwierigkeiten.

Ueber die Verwertbarkeit der Kurven in diesem Sinn scheint uns nun ein Zweifel nicht möglich zu sein. Wenn auch die Bewegungen der Wassersäule im Steigrohr in ihrer Form nicht genau den Volumschwankungen des Arms entsprechen, so werden sie doch sicherlich in ihrer Amplitude um so ausgiebiger ausfallen, je grösser die Volumschwankungen des Armes sind, und was für das Tachogramm noch wesentlicher ist, die Raschheit der systolischen Volumenzunahme, auf welche bekanntlich die Pulsflamme in erster Linie reagiert, wird in der Raschheit des Anstieges der Wassersäule zweifellos wenigstens bis zu einem gewissen Grade zum Ausdruck

kommen. Wir können also, wenn auch die Deutung der Form der durch das in Frage stehende Verfahren gewonnenen Kurven auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen dürfte, doch mit Sicherheit behaupten, dass, wenn ein Eingriff die Kurvengipfel erhöht, dieser nämliche Eingriff auch das echte Tachogramm in gleicher Weise beeinflusst haben würde, während umgekehrt eine Erniedrigung der Kurvengipfel einer Erniedrigung des echten Tachogramms gleichkommen muss. Wir konnten also gerade über die wichtigste Eigenschaft des Tachogramms, nämlich über die Grösse des Strompulses auf dem erwähnten Wege doch Aufschluss erhalten.

Es braucht wohl nicht besonders bemerkt zu werden, dass bei diesen Versuchen, ähnlich wie es Mosso bei seinen hydrosphygmographischen Versuchen gethan hat, die langsamen und gröberen Volumschwankungen des Armes in ihrem Einfluss auf das Wasserniveau im Steigrohr dadurch eliminiert wurden, dass der Glascylinder mit einer als Kompensationsgefäss dienenden offenenen Flasche mittelst eines seitlichen Tubulus der letztern und eines Gummischlauches in Verbindung gesetzt wurde. Alle langsamen Volumschwankungen des Armes gleichen sich bei dieser Einrichtung durch Hin- respektive Herfliessen von Wasser zwischen Cylinder und Kompensationsgefäss aus, so dass das dem gleichmässigen venösen Strom entsprechende Wasserniveau während des Versuches konstant bleibt. Es war also im wesentlichen, abgesehen von der Flammenübertragung, die Versuchsanordnung gleich wie in Figur 1, Seite 3 der Mosso'schen Arbeit.[1] Besonderes Gewicht wurde bei den Versuchen darauf gelegt, dass das Wasserniveau im Steigrohr, respektive in der Kompensationsflasche möglichst tief stand, so dass der Druck des Wassers auf den Arm möglichst gering wurde.

Die Veränderung der Wassertemperatur wurde in der Weise ausgeführt, dass von der Kompensationsflasche her warmes oder kaltes Wasser in den Cylinder eingegossen wurde, während man der früheren Füllung aus einem der Tubuli des Glascylinders Abfluss verschaffte, bis das durch die dritte Oeffnung

[1] l. c.

des Cylinders wasserdicht eingeführte Thermometer die gewünschte Temperatur anzeigte. Im Beginn des Versuches wurde der Cylinder stets mit Wasser von möglichst indifferenter Temperatur (zwischen 30 und 35° C.) gefüllt. Die dabei gewonnenen Kurven dienten als Ausgangspunkt.

Ich teile nun in dem Folgenden einige Versuchsprotokolle mit den dazu gehörigen Kurven mit.

Versuch X.

Kohler, Adolf, 22jährig. Chronischer Darmkatarrh. Versuch am 7. X. 95. Cylinder bis Mitte des Vorderarms.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
11. 00	31° C.	X a.	
11. 06	Beginn der Erneuerung des Wassers.		
11. 20	18° C.	X b.	
11. 45	18,5° C.	Aufnahme einer Kurve (nicht reproduziert.)	wesentlich identisch wie X b.
11. 46	Beginn der Erneuerung.		
11. 50	38,5° C. Vollendung d. Erneuerg.		
11. 54	36° C.	X c.	
12. 03	Beginn der Erneuerung.		
12. 06	42° C. Vollendung d. Erneuerung.		
12. 08	40° C.	Aufnahme einer Kurve (nicht reproduziert.)	Kurve wie X c.
12. 27	37,5° C.		
12. 28	Beginn der Erneuerung.		
12. 32	16° C. Vollendung d. Erneuerung.		
12. 35	17° C.	Kurve (nicht reproduziert.)	Patient friert.
12. 43	18° C. Beginn der Erneuerung.		
12. 49	7° C. Vollendung d. Erneuerung.		
12. 51	8° C.	X d.	Patient friert.

Die Vergleichung dieser Kurven zeigt in Uebereinstimmung mit den Resultaten der ersten Versuchsanordnung eine erhebliche Vergrösserung der Strompulse durch Wärme, eine Verkleinerung durch Kälte. Bei Kälteeinwirkung werden die primären Gipfel schliesslich so klein, dass sie sich nicht mehr deutlich von den übrigen Zacken der Kurve abheben, von denen wir dahingestellt lassen müssen, ob sie mit der Pulskurve etwas zu thun haben, oder ob sie vielleicht bloss durch

Muskelzittern infolge des Frierens bedingt sind. Wie wir es a priori voraussetzten, fällt bei dieser Versuchsanordnung die thermische Wirkung sehr viel intensiver aus, als bei allen früheren Versuchsanordnungen.

Versuch XI.

Rolli, Karl, 28jährig. Initiale Tuberkulose. Versuch am 8. X. 95.

Um 9.08 wird bei 32° C. eine Kurve aufgenommen, die ziemlich unregelmässig, stark entstellt durch Eigenschwankungen und Atemschwankungen ausfällt.

Nachdem von 9.20—9.26 das Wasser des Cylinders durch kälteres ersetzt worden war, wird um 9.28 bei 27° C. eine Kurve aufgenommen, deren Hauptgipfel eine etwas geringere Höhe von durchschnittlich 12 mm. besitzen.

Von 9.50 bis 10.06 wird das Wasser durch wärmeres ersetzt und um 10.20 bei einer Temperatur des Wassers von 47,5° C. eine neue Kurve aufgenommen, bei der die primären Gipfel eine Höhe von 16 mm. zeigen.

Von 10.26—10.36 wird das Wasser erneuert und um 10.38 wieder eine Kurve aufgenommen, in der die Hauptgipfel niedriger geworden sind und eine Höhe von 12—13 mm. besitzen.

Also auch in diesem Versuch Erhöhung der primären Elevationen durch Wärme, Erniedrigung durch Kälte.

Versuch XII.

Leibundgut, Barbara, 56jährig. Plexuslähmung. Versuch an der gesunden Hand. Verschluss mit Glaserkitt. Versuch am 9. X. 95.

Um 10.17 wird bei einer Wassertemperatur von 32° C. eine Kurve aufgenommen. Gipfelhöhen bei ziemlich starken Atemschwankungen zwischen 13 und 16 mm. Von 10.30—10.32 Erneuerung des Wassers. Um 10.35 Aufnahme einer Kurve, die niedriger ist als die vorige: Gipfelhöhen 10—12 mm. Von 11.03—11.06 wird die Temperatur auf 40° C. gebracht und um 11.08 bei 40° C. eine Kurve aufgenommen mit Gipfelhöhen von 15 mm. Kurz nach Beginn der Aufnahme beginnt jedoch

der Aermel zu rinnen und wohl wegen der damit verbundenen psychischen Erregung der Versuchsperson sinken die Gipfelhöhen auf 8—10 mm. ab, ohne dass sich während der Aufnahme das Wasserniveau wesentlich verändert, da das abtropfende Wasser sich vom Kompensationsgefäss her sofort ersetzt.

Wir finden also auch hier niedrigere Kurvengipfel bei Abkühlung, höhere bei Erwärmung.

Versuch XIII.

Wiederholung des Versuches XII bei derselben Patientin nur mit dem Unterschiede, dass der Verschluss statt mit Kitt mit Gummimanschette stattfindet, das Resultat war im wesentlichen das gleiche.

Versuch XIV.

Bolla, Antonio, 32jährig. Neurasthenie. Versuch am 10. X. 95

Ich will die Details dieses Versuches nicht anführen und nur bemerken, dass derselbe nicht die typischen Veränderungen der Kurve durch Wärme und Kälte ergab, die Kurve wurde überhaupt durch die thermischen Eingriffe wenig verändert und war z. B. bei einer Temperatur von 42° C. niedriger als bei 17° C. Derartige Ausnahmen sind verständlich, wenn man sich an das in der Einleitung Auseinandergesetzte erinnert, wonach der Tachograph nicht auf grosse Pulsvolumina, sondern auf rasche Volumenszunahme, also mehr auf die Steilheit des Anstieges der Volumkurve, als auf die Höhe dieses Anstieges reagiert.

Wir führen von diesem Versuch die Kurven XIV a und XIV b an zur Illustration des Unterschieds des echten Tachogramms mit luftgefülltem Cylinder von den modifizierten Tachogrammen, die wir bei der hier besprochenen vierten Versuchsanordnung erhalten. Kurve XIV a ist das echte Tachogramm, XIV b das modifizierte Tachogramm, bei dem der Cylinder mit Wasser von indifferenter Temperatur (33° C.) gefüllt war.

Versuch XV.

Sumi, Lydia, 14jährig. Pharyngitis. 11. X. 95.

Bei dieser Patientin wurden die Kurven ausserordentlich stark durch Atemschwankungen entstellt, so dass sich die Reproduktion und Besprechung nicht lohnt; immerhin konnte auch hier erkannt werden, dass Wärme die primären Kurvengipfel erhöht, Kälte sie erniedrigt.

Versuch XVI.

Herr *Bürgi, Emil,* cand. med. 12. X. 95. Vorderarm im Aermel.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
11. 28	32° C.		
11. 31	32° C.	XVI a.	Hauptgipfel 19—21 mm.
11. 37	31° C. Beginn der Erneuerung des Wassers.		
11. 38	15° C. Vollendung der Erneuerung des Wassers.		
11. 41	18° C.	XVI b.	Hauptgipfel 18—19 mm.
11. 46	18° C. Beginn der Erneuerung des Wassers.		
11. 49	41,5° C. Vollendung der Erneuerung des Wassers.		
11. 52	40,5° C.	XVI c.	Hauptgipfel 18—19 mm. also wie XVI b.
11. 58	37° C.	XVI d.	Hauptgipfel 22 mm.

Aus diesem Versuche geht hervor, dass nach mehrere Minuten dauernder Einwirkung von Wassertemperaturen von 18° C. und 40,5° C. noch keineswegs deutliche Veränderungen des Tachogramms vorhanden zu sein brauchen, da Kurven XV a, b, c nahezu gleich sind; ob bei länger dauernder Einwirkung der betreffenden Temperaturen Veränderungen erzielt worden wären, muss ich dahin gestellt sein lassen; es liegt diese Vermutung nahe, weil bei einer länger einwirkenden Temperatur von 37° C. (Kurve XVI d) die systolischen Gipfel wesentlich erhöht gefunden wurden.

Versuch XVII.

Koller, Johann, 20jährig. Phthisis incipiens. Vorderarm. 41. X. 95.

Um 9. 54 wird bei einer Wassertemperatur von 34° C. eine Kurve aufgenommen, bei der die Höhe der systolischen Gipfel zwischen 12 und 14 mm schwankt.

Von 10. 10 bis 10. 12 wird das Wasser ersetzt und um 10. 16 eine zweite Kurve bei 16° C. aufgenommen, welche niedriger ausfällt und deren systolische Gipfel zwischen 8 und 10 mm schwanken.

Von 10. 22 bis 10. 24 Erneuerung des Wassers; um 10. 28 bei 40° C. Temperatur neue Kurve bei gerötetem Arm und gleich gebliebener Pulsfrequenz von 12 bis 13 mm Höhe.

Versuch XVIII.

Schmutz, Friedrich, 21jährig. Chronischer Gelenkrheumatismus. 14. X. 95.

Um 11.02 wird bei einer Temperatur von 32° C. eine Kurve aufgenommen, die stark durch Atemschwankungen entstellt ist.

Von 11. 20 bis 11. 23 wird das Wasser erneuert und um 11. 28, bei 16° C., eine neue Kurve aufgenommen, welche grössere Regelmässigkeit und ausserordentliche, schmale, systolische Gipfel von 18 bis 22 mm Höhe zeigt. Wie sich diese Höhen zu denjenigen der letzten Kurve verhalten, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, weil dort infolge der Atemschwankungen die Hauptgipfel wenig deutlich sind. Zweifellos sind die Gipfel aber schmäler als bei der ersten Kurve.

Von 11. 33 bis 11. 36 wird das kalte Wasser durch warmes ersetzt und bei 38° C. eine neue Kurve aufgenommen, deren Gipfelhöhen infolge der Atemschwankungen zwischen 13 bis 19 mm wechseln. Die Gipfel sind dabei bedeutend breiter geworden.

Versuch XIX.

Winzenried, Karl, 21jährig. Typhus abdominalis. 14. X. 95.

Um 5. 36 wird bei 32° C. Wassertemperatur eine Kurve aufgenommen, dieselbe zeigt systolische Gipfel von 9 bis 12 mm Höhe.

Von 5. 46 bis 5. 48 wird das Wasser erneuert und um 5. 55 eine neue Aufnahme bei 17° C. gemacht; die Gipfelhöhe beträgt jetzt nur 5 bis 7 mm.

Von 6. 09 bis 6. 12 wird das Wasser erneuert und bei 42° C. eine Kurve mit Gipfelhöhen von 11 bis 12 mm aufgenommen.

Versuch XX.

Derselbe Patient am 15. X. 95.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
9. 17	31° C.	XX a.	Gipfelhöhe 18—20 mm.
9. 30	29° C. Beginn der Erneuerung.		
9. 32	12° C. Vollendung d. Erneuerung.		
9. 37	15,5° C.	XX b.	Gipfelhöhe 14—16 mm.
9. 38	15,5° C. Beginn der Erneuerung.		
9. 43	12° C. Vollendung d. Erneuerung.		
9. 47	15° C.	Kurve (nicht reproduz.)	Starke Atemschwankungen.
10. 02	14° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 04	10° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 18	14° C.	Kurve (nicht reproduz.)	Gipfelhöhen etwas niedriger als bei den vorigen Kurven, Hauptgipfel schwer zu erkennen.
10. 33	15° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 37	40° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 44	37° C.	XX c.	Gipfelhöhen 18—22 mm.
10. 45	36,5° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 49	40,5° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 53	40° C.	Kurve (nicht reproduz.)	Kurve wenig höher als die letzte.

Versuch XXI.

Sumi, Lydia, vergleiche Versuch XV. 15. X. 95.

Der Versuch wurde in der gewöhnlichen Weise ausgeführt, die Kurven sind durch Atemschwankungen stark entstellt und werden deshalb hier nicht wiedergegeben. Die Erniedrigung der Gipfelhöhe durch Kälte und die Erhöhung durch Wärme ist deutlich. Wärmeeinwirkung (43° C.) ergibt auffällige Verbreiterung der Gipfelbasis.

Versuch XXII.

Koller, Johann, vergleiche Versuch XVII. 15. X. 95.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
5. 19	33° C.	XXII a.	Gipfelhöhen 10—11 mm.
5. 28	30° C. Beginn der Erneuerung.		
5. 31	12° C. Vollendung d. Erneuerung.		
5. 36	16° C.	Kurve (nicht reproduz.)	
5. 37	16° C. Beginn der Erneuerung.		

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
5. 40	12° C. Vollendung d. Erneuerung.		
5. 46	15° C.	XXII b.	Gipfelhöhen 8—9 mm. primäre Gipfel schwer zu erkennen.
6. 00	16,5° C. Beginn der Erneuerung.		
6. 03	42° C. Vollendung d. Erneuerung.		
6. 08	40° C.	XXII c.	Gipfelhöhen 9—10 mm. Kurvenbasis verbreitert.
6. 09	39,5° C. Beginn der Erneuerung.		
6. 15	43° C. Vollendung d. Erneuerung.		
6. 18	42° C.	XXII d.	Gipfelhöhen 10—12 mm.

Versuch XXIII.

Rolli, vergleiche Versuch XI. 16. X. 95.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
10. 00	32° C.	XXIII a.	Gipfelhöhen 7—8 mm.
10. 09	29° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 11	12° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 16	16° C.	Kurve (nicht reproduz.)	
10. 17	16° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 22	10,5° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 27	12,5° C.	Kurve (nicht reproduz.)	
10. 42	13,5° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 47	41° C. Vollendung d. Erneuerung.		
10. 52	38,5° C.	XXIII b.	Gipfelhöhen 9—10 mm. Systolische Gipfel deutlich. Basis breiter, sekundäre Elevation zurückgetreten.
10. 53	38° C. Beginn der Erneuerung.		
10. 58	44° C. Vollendung d. Erneuerung.		
11. 04	43° C.	Kurve (nicht reproduz.)	Ungefähr gleich wie XXIII b.
11. 24	37,5° C. Beginn der Erneuerung.		
11. 27	14° C. Vollendung d. Erneuerung.		
11. 32	18° C.	XXIII c.	Gipfelhöhen 5—6 mm. primäre Gipfel kaum zu erkennen.
11. 39	18,5° C. Beginn der Erneuerung.		
11. 41	11° C. Vollendung d. Erneuerung.		
11. 46	13,5° C.	Kurve (nicht reproduz.)	Ebenso, noch etwas niedriger.

II. Wirkung allgemeiner Bäder auf das Tachogramm.

Bei dem Studium der Wirkung allgemeiner Bäder auf das Tachogramm handelt es sich um die Beobachtung einer sehr komplizierten Wirkung, welche sich zusammensetzt aus der Wirkung des thermischen Reizes auf das Herz, ferner aus der direkten Wirkung auf die Gefässe respektive Vasomotoren der eingetauchten Körperteile, aus den Reflexwirkungen auf diese

Teile sowie die tiefen Organe und auch auf den im Tachographencylinder steckenden und bei unsern Versuchen ausserhalb des Bades befindlichen Arm.

Es war mir nicht möglich, diese äusserst komplizierte Wirkung in ihrem Einfluss auf das Tachogramm in ihre einzelnen Anteile zu zerlegen, und ich begnüge mich mit der objektiven Darstellung der typischen Veränderungen. Ich führe folgende zwei Versuche an.

Versuch XXIV.

Liechti, Katharina, 56jährig. Luës. 10. X. 95.

Tachogramm des linken Armes bei luftgefülltem Cylinder, der Aermel reicht bis zur Mitte des Oberarmes.

Der Versuch wird in der Weise präpariert, dass der Tachograph im Badezimmer unmittelbar neben der Badewanne aufgestellt wird. Ueber die Badewanne wird eine feste Schnur gespannt, welche der Patientin dazu dienen soll, den Plethysmographencylinder (es wurde hierzu ein leichter Blechcylinder gewählt) in bequemer Stellung und ohne Anstrengung horizontal aufzulegen.

Es wird nun zunächst um 10. 25 ein Normaltachogramm XXIV a. aufgenommen, während die Patientin entkleidet und in Decken gehüllt in der leeren Badewanne sitzt. Die Kurve ist sehr regelmässig, die Höhe der Hauptgipfel beträgt 14 mm, es existiert keine deutliche Dikrotie.

Um 10. 35 wird, während die Patientin in gleicher Lage sich befindet und bloss von den Decken befreit wird, die Badewanne mit Wasser von 42 ° C. gefüllt. Der Körper ist dabei bis zur Mitte der Brust von dem Wasser umgeben. Um 10. 38, also nachdem das Bad 3 Minuten gedauert hat, wird die Kurve XXIV b. aufgenommen. Höhe der primären Gipfel jetzt 17 mm. Die Vertikaldistanz der sekundären Erhebungen vom Hauptgipfel hat zugenommen.

Um 10. 42, also nach 7 Minuten Dauer des Bades, wird wieder eine Kurve XXIV c. aufgenommen, die nicht wesentlich höher ist, bei der aber die sekundären Elevationen weiter gegen die Abscisse zurücktreten (im Lichtdruck schlecht reproduziert).

Um 10. 43 wird, während Patientin sich immer noch im Bade befindet, das letztere durch Zufliessenlassen von kaltem Wasser abgekühlt. Um 10. 49 ist die Temperatur 33° C. und es wird um 10. 57 bei einer Badetemperatur von 33° C. eine neue Kurve aufgenommen, bei der die primären Erhebungen schon wieder deutlich niedrig geworden sind (15 mm), während die sekundären Zacken gegen den Gipfel hinaufgerückt sind.

Von 10. 58 bis 11. 16 wird das Bad auf 30° C. abgekühlt und dann sofort eine neue Kurve XXIV d. aufgenommen, bei der diese Veränderungen noch deutlicher geworden sind. Patientin hat dabei deutliches Kältegefühl.

Im ganzen sind die in diesem Versuch erzielten Veränderungen höchst gering.

Versuch XXV.

Rolli, vergleiche Versuche XI und XXIII. 11. X. 95.

Anordnung wie beim vorhergehenden Versuch.

Zeit.	Wassertemperatur.	Aufnahme der Kurve.	Bemerkungen.
9. 26		XXV a. (Kontrolltachegr.)	Pat. sitzt in der leeren Badewanne.
9. 34	36° C. Beginn des Bades.		
9. 39	35,5° C.	Kurve (nicht reproduz.)	
9. 40	35,5° C. Beginn der Abkühlung.		
9. 46	32° C. Vollendung der Abkühlung.		
9. 49	32° C.	XXV b.	Puls 70. Kurve fast genau wie ohne Bad. Temperatur von 32° C., also hier Indifferenzpunkt. Gipfelhöhen 12 mm.
10. 01	32° C. Beginn der Abkühlung.		
10. 05	28° C. Vollendung der Abkühlung.		
10. 07	28° C.	Kurve. (nicht reproduz.)	Durch Schlottern entstellt, deshalb sofort leichte Erwärmung des Bades.
10. 08	28° C. Beginn der Erwärmung.		
10. 11	30° C. Vollendung der Erwärmung.		
10. 12	30° C.	XXV c.	Immer noch etwas Frostgefühl. Gipfelhöhen 11—13 mm. (Atemschwankungen.)
10. 13	30° C. Beginn der Erwärmung.		
10. 18	41° C. Vollendung der Erwärmung.		
10. 21	39,5° C.	XXV d.	Höhe der primären Gipfel 14 mm. Dikrotie. Puls 92.
10. 22	39,5° C. Beginn der Erwärmung.		
10. 28	41,5° C. Vollendung der Erwärmung.		
10. 29	41,5° C.	XXV e.	Gipfelhöhen 21—23 mm., nur noch eine leichte dikrote Zacke, die übrigen sekundären Elevationen verschwunden. Patient schwitzt stark.
10. 34	41° C.	XXV f.	Gipfelhöhen 23—24 mm. Puls fast monokrot. Puls 136.
10. 36	Beginn der Wasserentleerung.		
10. 39	Vollendg. d. Wasserentleerung.		
10. 40		Kurve (nicht reproduz.)	wie XXV f (Nachwirkung.)

Nach der Aufnahme dieser Kurve wird dem Patienten übel; er sieht blass aus und er wird in der leeren Badewanne horizontal gelegt; nach Genuss von etwas warmer Milch erholt er sich bald.

Um 10. 49 wird, während Patient seine frühere Lage wieder einnimmt, bei einem Puls von 88 die Kurve XXV g. aufgenommen (Nachwirkung).

Um 10. 59 liefert Patient, der inzwischen mit wollenen Decken umhüllt worden, in gleicher Lage bei einem Puls von 88 die Kurve XXV h., die, abgesehen von immer noch erhöhter Pulsfrequenz, im wesentlichen mit der Kontrollkurve übereinstimmt.

* * *

Aus diesen beiden gut gelungenen und übereinstimmenden Versuchen ergibt sich, dass die Veränderungen des Tachogramms durch das allgemeine Bad im wesentlichen zusammenfallen mit der Beeinflussung der Kurve durch lokal applizierte Wärme, beziehungsweise Kälte. Die Kältewirkung hat die Tendenz, die primären Gipfel zu erniedrigen und die sekundären Gipfel in vertikaler Richtung den primären zu nähern, während umgekehrt das warme Bad die primären Gipfel erhöht und die sekundären bis zum Verschwinden, d. h. bis zur Entstehung eines monokroten Pulses erniedrigt. Bei dem Zurücktreten der sekundären Zacken kann die Kurve vor dem Auftreten des monokroten Pulses dikrot werden, indem der Dikrotus als erste und stärkste reflektierte Welle länger bestehen bleibt, als die übrigen reflektierten Wellen.

In dem zuletzt mitgeteilten Versuchsprotokoll sind auch die Nachwirkungen des warmen Bades genügend charakterisiert. Ein Versuch über die Nachwirkung des *kalten Bades* ergab ein nicht charakteristisches Resultat und ich verzichte deshalb auf die Mitteilung der betreffenden Versuchsprotokolle und Kurven.

* * *

Aus den mitgeteilten Versuchen können wir den Schluss ziehen, dass das Tachogramm durch lokale Applikation von Kälte und Wärme auf den untersuchten Arm in der Regel in ähnlichem Sinn beeinflusst wird, wie es A. Mosso [1] für die Volumpulskurve gefunden hat. Wärmeapplikation erhöht. Kälteapplikation erniedrigt den Hauptgipfel. Es deutet dies nach unseren Auseinandersetzungen darauf hin, dass bei der Erweiterung der Gefässe durch Wärme der systolische Anstieg des Armvolumens nicht nur stärker ist, sondern auch rascher erfolgt, wie umgekehrt bei Kälteeinwirkung der Anstieg des Volumens nicht nur geringer ist, sondern auch langsamer geschieht, als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Eigentlich sollte dies in den Wassersphygmogrammen, welche A. Mosso in seiner Arbeit über die lokalen Veränderungen des Pulses durch Kälte und Wärme [2] mitteilt, sichtbar sein; es ist dies aber keineswegs überall der Fall, was wohl auf die schon von v. Kries hervorgehobenen Mängel der Volumpulsschreibung zurückzuführen ist. Abgesehen von andern Fehlern, will ich nur darauf hinweisen, dass es jedem, der viel sphygmographiert hat, bekannt ist, wie sehr die Steilheit des Anstieges durch den Grad der Reibung zwischen Schreibfeder und Trommel modifiziert werden kann und dass somit kleine Differenzen der Steilheit des Anstieges in der Volumpulskurve nicht in präziser Weise zum Ausdruck kommen. Diese Fehler kommen für die Ableitung des Tachogramms in vergrössertem Massstab in Betracht, weil die Steilheit, respektive ihr Differentialquotient bemessen wird nach der Tangente des Winkels, den die Kurve am gegebenen Punkt mit der Abscissenaxe bildet.

Wenn wir auch die geschilderte Veränderung des Tachogramms durch lokale Kälte- und Wärmeeinwirkung als Regel hinstellen können, da sie in den meisten gut gelungenen Versuchen beobachtet wurde, so haben wir doch hievon zahlreiche Ausnahmen beobachtet. Diese Ausnahmen betreffen besonders

[1] Die Diagnostik des Pulses in Bezug auf die lokale Veränderung desselben. Leipzig 1879.

[2] l. c.

die quantitativen Verhältnisse, d. h. die *Höhe* der Strompulse, die nicht immer in dem erwähnten Sinn sich beeinflussen liess (man vergleiche z. B. die Versuche I, II, III, XIV und XVI). Namentlich aber war es uns auffällig, dass während Mosso die bekannte Veränderung der Volumpulskurve fast unmittelbar nach der thermischen Einwirkung konstatierte, zur analogen Veränderung des Tachogramms fast immer eine ziemlich lang andauernde thermische Einwirkung notwendig war. Es würde dies den Schluss nahe legen, dass mässige Wärme- und Kälteeinwirkung zwar sofort die Grösse der herzsystolischen Exkursion der Arterienwände verändert, aber nur langsam die Raschheit der Exkursion. Es würde also bei geringer Spannungsveränderung zunächst die Grösse der Exkursion der Arterienwand verändert, bei grösserer Spannungsveränderung dagegen auch die Raschheit der Exkursion beeinflusst. Wie sich dies durch die veränderten Elastizitätsverhältnisse der Gefässe erklären lässt, muss ich dahingestellt sein lassen. Die Resultate der vierten Versuchsanordnung zeigten, dass die Schwierigkeit, das Tachogramm zu beeinflussen (namentlich durch Kälte, vergleiche Versuche I, II und III), keineswegs bloss von der Schwierigkeit abhing, durch die Luft des Tachographencylinders hindurch auch die Hand abzukühlen. Auch wo die Hand direkt ins kalte oder warme Wasser tauchte, eine Versuchsanordnung, die wir gerade zum Studium der quantitativen Verhältnisse wählten, waren die Veränderungen der Gipfelhöhe immer erst nach längerer Einwirkung deutlich, lange nachdem das Sphygmogramm schon deutliche Veränderung erlitten hatte. Auch beim Abklingen der thermischen Wirkung, d. h. bei der Nachwirkung derselben, zeigte das Sphygmogramm weit länger die charakteristischen Veränderungen, als das Tachogramm (vgl. z. B. Kurven VIII[b]).

Es dürfte diese Thatsache physiologisch nicht ohne Bedeutung sein. Nach den Untersuchungen von v. Kries hat die Ordinatenhöhe des Tachogramms eine sehr bestimmte Bedeutung. Sie gibt nicht nur ein *relatives* Mass für die herzsystolische Beschleunigung des Blutstroms in der Extremität, sondern durch Aichung der Flammenhöhe des Tachographen kann

man sogar in Kubikcentimetern angeben, um wieviel Sekundenkubikcentimeter Blut das Maximum der arteriellen Strömung des im Cylinder eingeschlossenen Teiles den Mittelwert der Strömung übertrifft. Wenn wir nun finden, dass die Tachogrammhöhe durch Kälteapplikation nur schwer zu verändern ist, so zeigt dies, dass trotz der Gefässverengerung, also trotz der Erniedrigung der mittleren Stromstärke, durch die Kälte doch nicht in demselben Mass die systolische Strombeschleunigung sinkt, was zuletzt zu einer allzugeringen Blutdurchströmung und zu einer allzustarken Abkühlung des Blutes in der Extremität führen könnte. Die Elastizitätsverhältnisse der Gefässe scheinen nach unsern Versuchen geeignet zu sein, diesem Uebelstand in hohem Masse entgegenzutreten.

Noch sei bemerkt, dass unsere Versuche ergaben, dass die Veränderungen des Tachogramms durch Kälte und Wärme eine stetige Funktion der betreffenden Einwirkung zu sein scheinen in dem Sinne, dass Abkühlung und Erwärmung der Haut immer in dem angegebenen Sinne wirkt, nie aber umgekehrt. Wir fanden z. B. bei Wärmeeinwirkung niemals Erniedrigung, bei Abkühlung niemals Erhöhung des Tachogramms. Es scheint dabei weniger auf die absolute Temperatur, als auf die Richtung der Temperaturschwankungen anzukommen. Die Stetigkeit der Beeinflussung dürfte wohl damit zusammenhängen, dass wir bei unsern Versuchsanordnungen die thermischen Eingriffe, ausser bei den Sandversuchen, die aber nicht verwendet wurden, stets langsam einwirken liessen, so dass akute thermische Reflexe möglichst vermieden wurden und wohl hauptsächlich die direkte Einwirkung von Kälte und Wärme auf die Gefässe in Betracht kam. Bei der langen Dauer dieser Versuche war es nicht möglich, ganz tiefe Temperaturen auf die Haut einwirken zu lassen, da schon die mässig niedrige Temperatur von 12° C. wegen der Dauer ihrer Einwirkung dem Patienten zu Klagen Anlass gab. Wir gelangten also mit unsern thermischen Eingriffen nicht bis in diejenige Temperaturregion, wo U. Mosso Lähmung der Gefässe durch die Kälte, d. h. einen plötzlichen

Umschlag der Verengerung der Gefässe in Erweiterung derselben bei seinen plethysmographischen Versuchen beobachtet hat.[1] Irgend eine Einwirkung der Kälte auf das Tachogramm, welche auf Lähmung der Gefässe hätte zurückgeführt werden können, bekamen wir nie zu Gesicht.

Soviel über die eigentümlichen quantitativen Verhältnisse des Tachogramms bei Kälte- und Wärmeeinwirkung. In betreff der Formveränderung haben wir gesehen, dass das Tachogramm sich im wesentlichen gleich verhält wie das Mossosche Plethysmogramm und wie das Sphygmogramm. Kälteeinwirkung lässt die sekundären Gipfel höher, Wärme lässt sie im Verhältnis zum Hauptgipfel niedrig werden. Es bedarf dieses Verhalten keine besondere Erklärung, wenn wir von der durch v. Kries[1] und v. Frey[2] vertretenen Anschauung ausgehen, dass in allen drei Arten von Kurven die sekundären Erhebungen reflektierte Wellen darstellen, die sich im Tachogramm bloss dadurch auszeichnen, dass sie durch sehr viel tiefere Wellenthäler von einander und vom Hauptgipfel getrennt sind, weil diejenigen Wellen, welche an der Peripherie als Bergwellen reflektiert werden, im Tachogramm als Thäler zum Vorschein kamen, da ihre Richtung dem Blutstrom entgegengesetzt ist.

Was endlich die Verhältnisse bei den allgemeinen Bädern betrifft, so bedürfen dieselben bei der vollkommenen Uebereinstimmung der Resultate mit denjenigen, die wir in betreff der lokalen thermischen Einwirkung gewonnen haben, keiner besondern Erläuterung mehr, wenn man annimmt, dass bei einer badenden Versuchsperson auch der ausserhalb des Bades sich befindende, in dem Tachographencylinder eingeschlossene Arm auf dem Reflexweg in ähnlicher Weise von den thermischen Einflüssen betroffen wird, wie die eingetauchten Teile selbst.

Wenn ich mir auch wohl bewusst bin, die Frage nach dem Einfluss vasomotorischer Veränderungen auf das Tachogramm

---

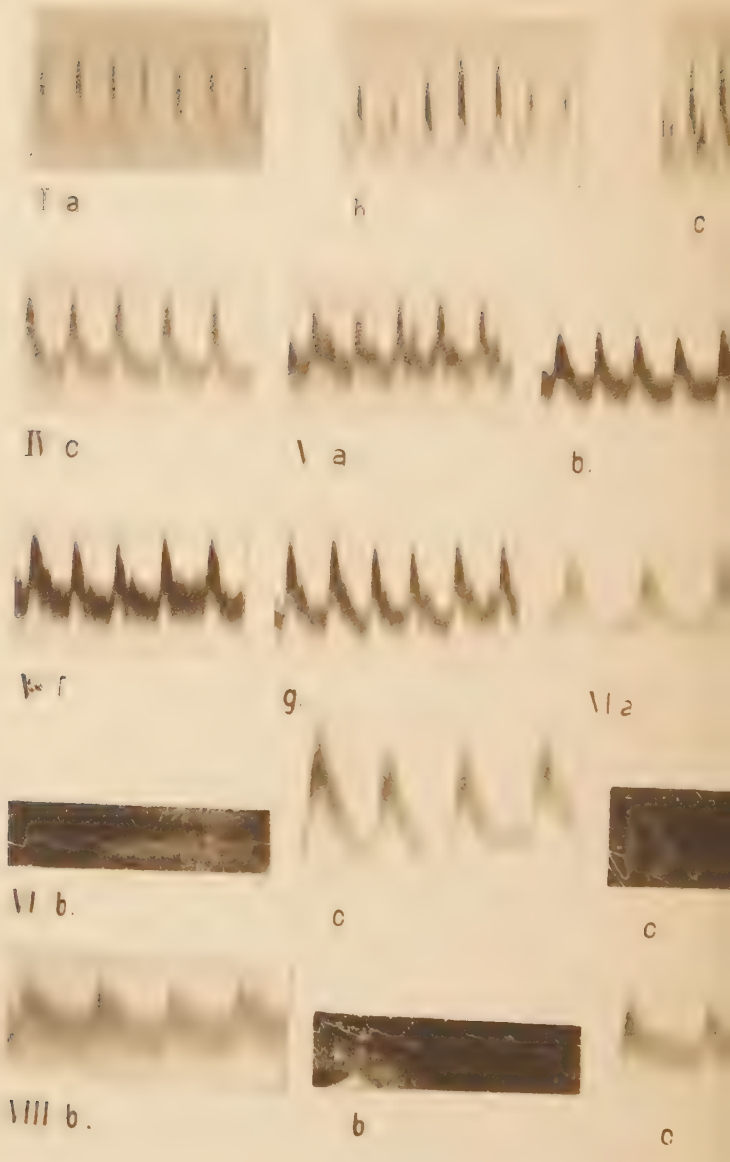
[1] U. Mosso. L'action du chaud et du froid sur les vaisseaux sanguins. — Arch. ital. de Biologie. 1889.

[2] l. c.

keineswegs erschöpfend behandelt zu haben, so glaube ich doch, durch meine Untersuchungen einen kleinen Beitrag im Interesse des weiteren Studiums der Tachogramme pathologischer Fälle, wie es auf der medizinischen Klinik von Professor Sahli in Aussicht genommen ist, geliefert zu haben.

* * *

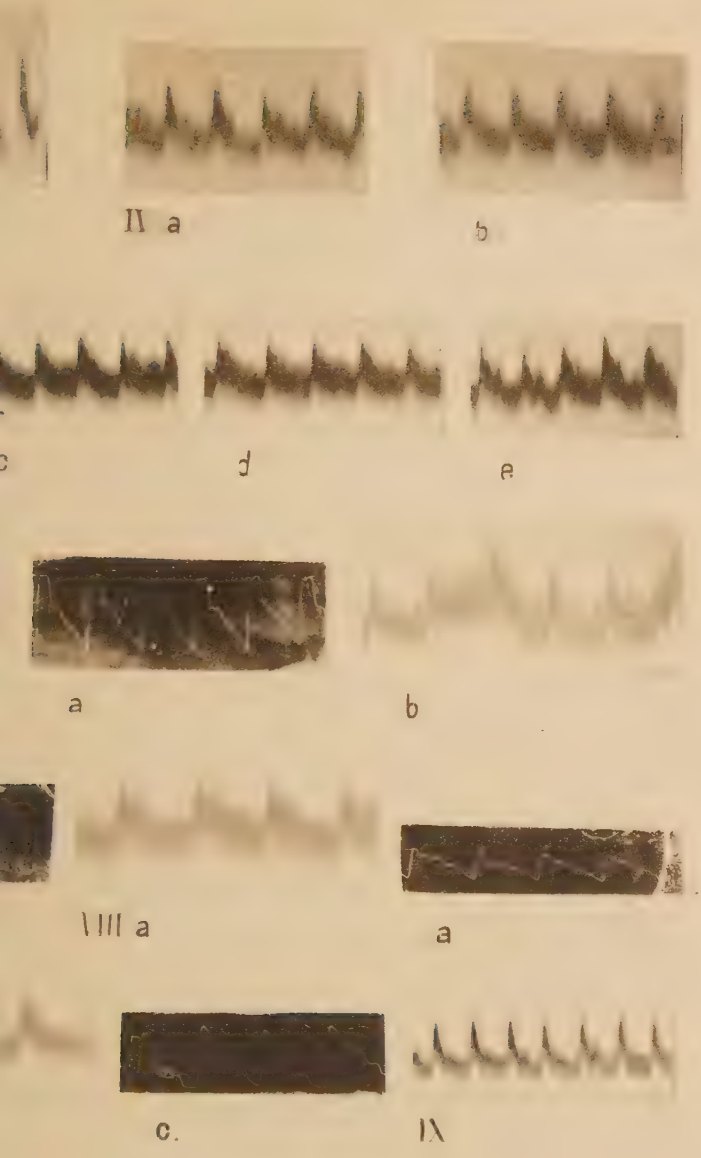
Meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Sahli, spreche ich für seine zuvorkommende Unterstützung und Anregung bei der Ausarbeitung des Themas meinen ehrerbietigsten Dank aus.



Taf

Balli: Flamm

Sämtliche Kurven dieser Tafel sind im Verhäl



gramme.

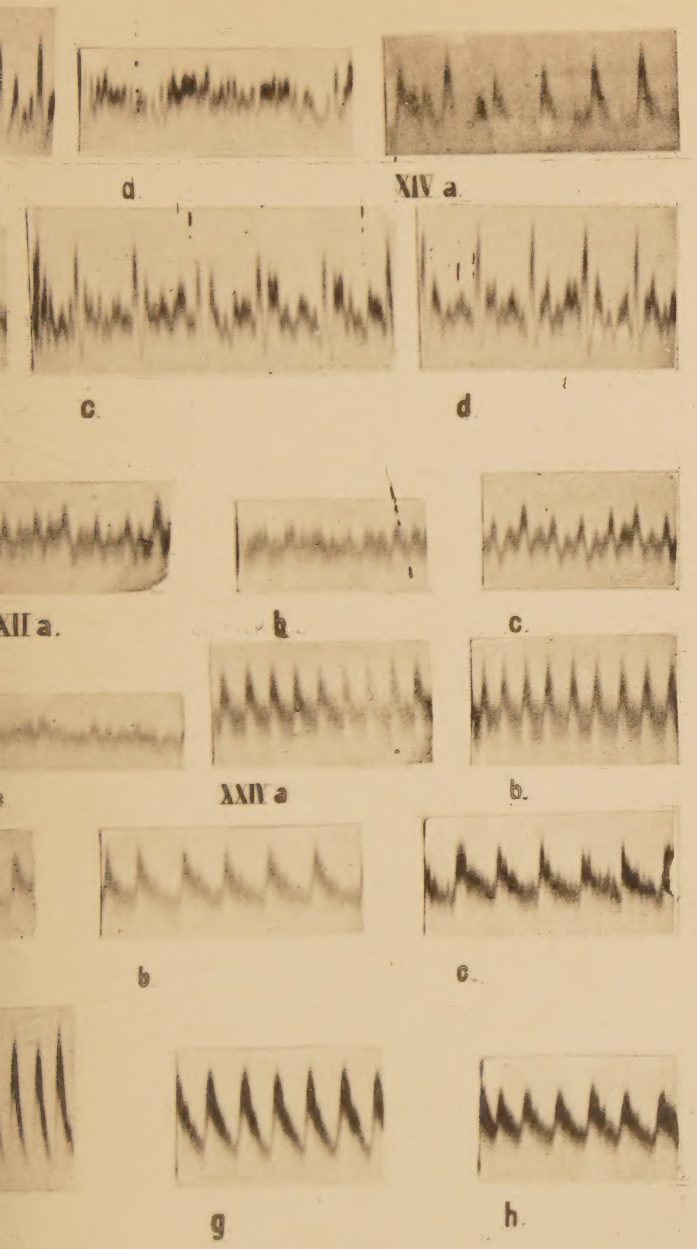
9,6 : 24 (also auf circa $^4/_5$) verkleinert.

Lichtdruck von Schüler & Balmer.

Tafe

Balli: Flamm

Sämtliche Kurven dieser Tafel sind im Verhält



I.

nogramme.

19,4 : 24 (also auf circa $^4/_5$) verkleinert.

Lichtdruck von Schüler & Balmer.